空氣中固體污染物對作物之影響

Effect of Particulate Matter in Air on Plant Growth

I.空氣固體污染物之形態及對作物種子發芽與苗期生長之影響

The Morphology and the Effect of Particulate Matter in Air on the Germination and Seedling Growth of Crops

范　基　南
Fan, Chi-Nan

台灣省農業藥物毒物試驗所
Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute

摘　　要

為探討台灣地區落塵對作物生長之影響，本試驗以集塵瓶，針對汽機車排放、水泥工廠、建築工地與焦煤煉製廠等目標，蒐集其落塵，結果僅汽機車排放之落塵量屬中等污染，其他均屬嚴重污染（>20噸／平方公里／月）。將土塵、煤灰、水泥配製成10、20、30、40及50％之水溶液，測其pH值，土塵為弱酸性（pH 6.5-6.9），煤灰為偏酸性（pH 5.3 - 5.8），而水泥為鹼性（pH 12.3 - 12.8）。以之處理水稻（台農67號）、大豆（花蓮1號）、萵苣及菠菜種子作發芽試驗，以探討落塵水溶液對種子發芽率及苗期生長之影響，結果顯示菠菜種子在各種落塵水溶液中發芽率顯著降低，其他三種種子之發芽率僅在高濃度(>30%)下才有下降之情形。苗期之生長在較高濃度之落塵水溶液均受影響，尤以菠菜為然。

關鍵詞：落塵、土塵、煤灰、水泥灰、發芽率、苗期生長

ABSTRACT

In order to understand the effect of particulate matter (PM) in the air in Taiwan Area on the growth of crops, the PM which came from cars, cement, building work or coal plant was collected by Dustfall Jar. The total PM from cars showed moderate pollution, but the PM from cement, building work and coal plant showed very serious pollution. The pH of cement dust PM solutions (10, 20, 30, 40 and 50%) was from 12.2 to 12.8, building work was from 6.4 to 6.8, and coalpl ant was from 5.4 to 5.8. The germination rate of spinach seeds were decreased when treated with all PM solutions. Germination rates of rice, soybean and lettuce seeds were also decreased in high concentraion (40 and 50%) of PM solutions. The growth of these seedlings were all affected by high PM concentration, especially spinach.

Key words: Particulate matter, cement dust, fly ash, coal plant, rice, soybean, lettuce, spinach, seed germination, growth of seedling

前　　言

空氣污染物主要有氣體及固體兩大部份，粒狀物質(particulate matter, PM)之空氣污染物有許多種類，如燻煙(fume)、煙霧(mist)、黑煙(smoke)、塵粒(dust)、飛沫(spray)、飛灰(fly ash)等，其粒徑大小由0.001至500 μm不等，大部份為 0.1～10 μm。如果粒徑小於10 μm，即可能長期懸浮在空氣中，若被人吸入、即可為害呼吸系統，而其PM之毒性依其成份而有不同程度之為害。重要之粒狀污染物之污染源有鍋爐之飛灰、燻煙、黑煙；水泥廠之塵粒、陶器燒製廠之塵粒、飛灰；煉鐵爐之塵粒；焦爐之燻煙及塵粒，焚化爐之塵粒及燻煙；礦物粉化廠之塵粒；汽機車排放之黑煙及燻煙；土木施工場地之塵粒等，均為主要之污染源(張能復，1991)。

在美國，據1973年之報告，空氣污染總量中，估計有9%為粒狀污染物(黃正義 1991)。而在台灣，粒狀污染物約為空氣污染總量之70%(台灣省環境保護處 1991；環保署 1990)，可見其嚴重性遠在歐美先進國家之上。尤其台灣為一小島，工廠林立，工商發達，依據環保署及省環保處歷年統計資料固體污染物之污染程度一直居高不下，對本島之空氣品質，生態環境造成相當大之影響，不僅為害人們之健康，器具在長期污染下受到腐蝕，土壤物理化學性質被迫改變，間接影響氣候及植物生長，其影響不可謂不大，亦不容大家忽視。國內這方面之研究極少，實有加强探討研究之必要。

固體污染物之來源不同，其成份亦有很大差異，對作物造成之影響自亦不同，如工業地區製造水泥之工廠其生產過程，有大量水泥飄浮在工廠四週，造成人體及植物很大之傷害。如在美國加州水泥廠附近水泥灰沉澱達1.5 g/m²/day，在法國更有達3.8 g/m²/day 之紀錄。其

對植物造成之直接影響，有嚴重影響植物之生長及發育，干擾葉面光線之吸收，影響光合作用，減少澱粉之形成，影響蒸散作用。且由於水泥灰之pH達10～12，能透管氣孔，傷害內層細胞，間接者爲落在土壤中，而使土壤pH更趨鹼性，而影響作物之生長(朱德民 1990)。有許多報告指出，空氣中固體污染物直接或間接影響了作物之生長，在澳州Aiken及Bell(1985)曾以飛灰直接處理溫室中栽植之菜豆及羅滋草，結果發現影響植株生長，且有硼中毒之現象。但在土壤貧脊之地施，以煤灰卻有提高小麥產量之效果(Wallace and Wallace 1986; Petruzzelli *et al.* 1986)。Elseewi and Page (1984)也以飛灰施於酸性及鹼性土中，栽植苜蓿、百慕達草、白花三葉草、大麥等，結果發現在每公斤培養土中加40 g以上之飛灰時，可提高這些作物植體中Mo之含量。Shukla and Mishra (1985)更以飛灰水溶液處理玉米及大豆種子，做發芽試驗，發現水溶液濃度愈高，會有抑制發芽之現象，可見飛灰確會影響作物之生長發育。若以3～7 g/m^2之量之水泥灰加之於土壤中，連續90天則所種植之油菜，不僅產量減少，其葉中光合作用色素含量降低，連種子中油之含量也減少(Shkla *et al.* 1990)。

本試驗即參考省環保處、行政院環保署及先進國家之方法，先選擇在北、中、南各地以氣機車排放氣體、築路工地、水泥工廠及焦煤工廠爲對象，以落塵筒法(Dustfall Jar)，蒐集落塵量，並蒐取煤灰、塵土及水泥以不同水溶液濃度作發芽試驗，以探討對作物種子發芽率及苗期生長之影響。

材料與方法

1. 選定定點，設置落塵蒐集瓶每定點設置6瓶，每月取回並換新一次，取回之蒐集瓶以水洗下固體物，再於80℃烘箱中烘乾秤取重量，以求得單位面積每月之落塵量。
2. 將取回之落塵量，取少量在顯微鏡及掃描顯微鏡下觀察其形狀特徵。
3. 取回蒐集地點附近之污染源材料:煤灰、泥土及水泥，以去離子水配置成10、20、30、40及50%水溶液，再過濾去渣後，以濾液作發芽試驗，取水稻、大豆、萵苣及菠菜種子於培養皿中，預措及消毒後，分別加入濾液，在25℃培養箱中進行發芽，7天後調查其發芽率，及苗生長情形。

結果與討論

一、落塵量及其形態：

1. 落塵量:

由於落塵之來源頗爲複雜，爲掌握落塵之污染源，本試驗乃針對水泥工廠、汽機車排放、土木工程工地及焦煤工廠等產生較多落塵之污染源爲對象，選定位於新竹縣橫山鄉之水泥工廠，交通流量大之台中市北屯路，正在趕工築路之建築工地，及大社工業區中提煉焦煤之工廠，各設置六個落塵蒐集瓶，自81年9月起每月抽換一次，每

月取回之收集瓶，在8 0℃之烘箱中烘乾後，秤取重量，以估算每平方公里每月之落塵量，4個月中之平均值如表1所示，由表中都市之十字路口之汽機車排放之落塵量爲11.07 tons/k㎡/month，達省環保處所定之中等嚴重污染。建築工地之落塵量爲18.85 tons/k㎡/momth，已達嚴重污染之程度；焦煤鍊製廠落塵量爲57.31 tons/k㎡/month，水泥廠附近之落塵量67.12 tons/k㎡/month，均爲極嚴重之污染地點，依省環保處之統計資料，民國七十九年各縣市落塵量之平均數値爲6.5 tons/k㎡/month，與本試驗調查結果比較，顯然本試驗之結果比全省落塵平均值高出甚多，可能是本試驗蒐集地點，乃特定選擇，針對落塵較多之污染源而設定。由此試驗結果，也建議某些具有特多落塵之廠商，應作集塵之措施，除保障員工之健康外，亦減少落塵之漫延，而污染附近之植物或環境。

表1. 不同蒐集地點之落塵量

蒐集地點	落塵量
	tons/k㎡/month
水泥工廠(新竹)	67.13 ± 17.14
都市十字路口(台中市)	11.07 ± 10.95
建築工地 (台中市)	18.85 ± 12.83
焦煤工廠(大社)	57.31 ± 28.90

2.落塵之形態:

由集塵瓶上取下之落塵，在掃描顯微鏡下觀察，並照像其結果如圖1、2・泥土之塵粒具有稜角，乃因由岩石風化而來，應可理解；而水泥之塵粒已加工過，稜角已不明顯，煤灰之塵粒則形狀不一，有圓形亦有稜角。由圖2-A、2-B，爲汽車排放之氣體之塵粒形狀較圓，圖2-C、2-D則爲建築工地之塵粒，與泥土塵粒相近似。圖3、4爲馬路邊生長之水果葉片上之塵粒形狀。圖3-A、3-B爲楊桃之葉上部及葉下部，形狀均似汽機車排放之塵粒，尤値注意者，3-B圖中圓形者爲氣孔，氣孔上之白點爲塵粒，塵粒落在氣孔上阻礙氣孔開閉，會影響氣體交換，間接影響光合作用，呼吸作用及蒸散作用，由此圖可作合理解釋。圖3-C、3-D爲荔枝葉上部及葉下部，塵粒形狀與圖2-A、2-B極相似，可證明其爲汽機車排放之塵粒。圖4-A龍眼葉上塵粒之形狀，塵粒上還有更小之塵粒，表示此塵粒非單純之汽機車排放物，可能有土塵粒。圖4-B爲七里香葉上之塵粒，形狀亦與2-A、2-B相似，可證明爲汽機車排放塵粒。圖4-C、4-D爲香蕉葉片上之塵粒形狀爲較爲複雜，可見非單爲汽機車排放物，另有土塵粒及其它落塵。

此種觀察，台大孫岩章教授(1991)亦曾指出，係可作爲判斷污染源之一種有力證據。

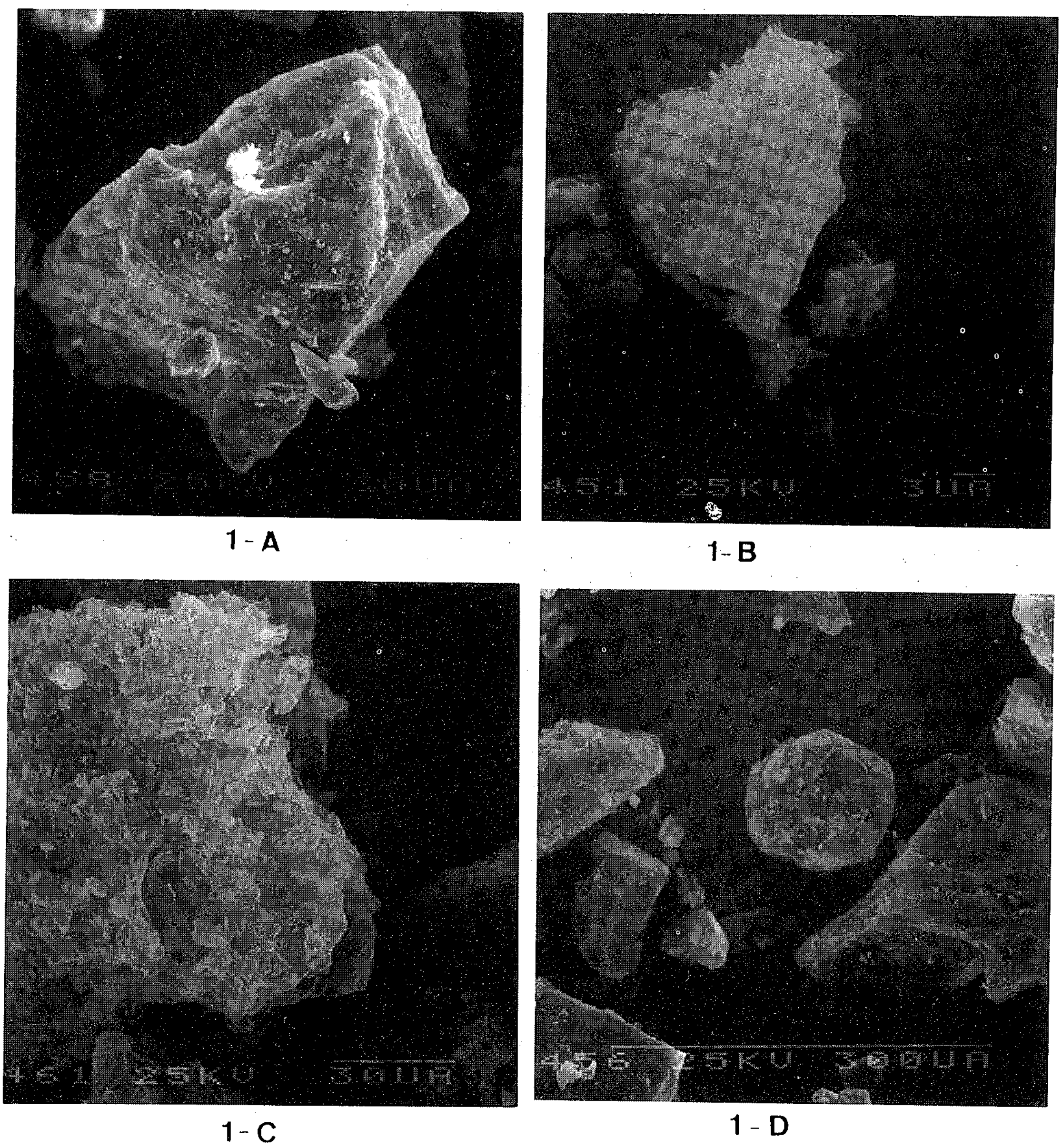
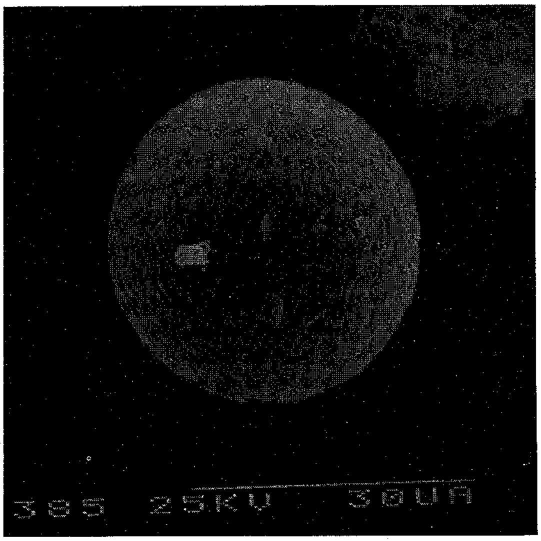
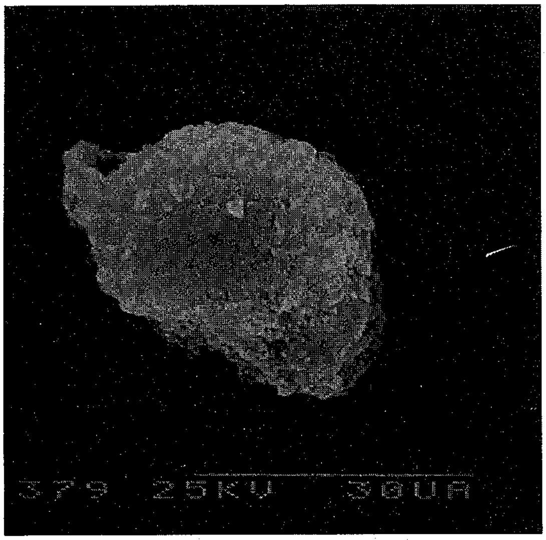


圖 1. 掃描顯微鏡下之土塵、煤灰及水泥落塵之形態

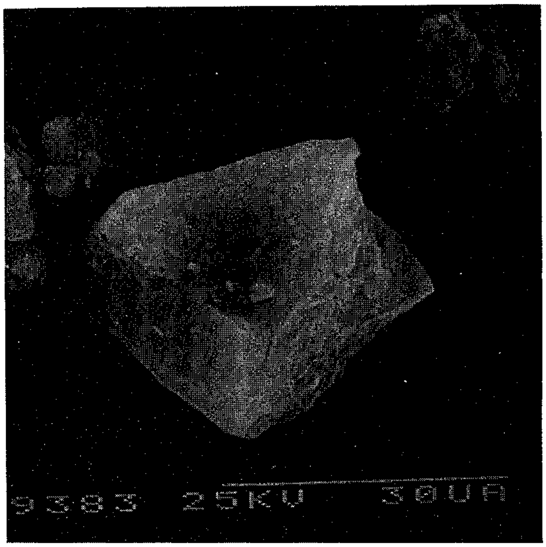
1－A: 土塵　1－B: 水泥灰　1－C、1－D: 煤灰



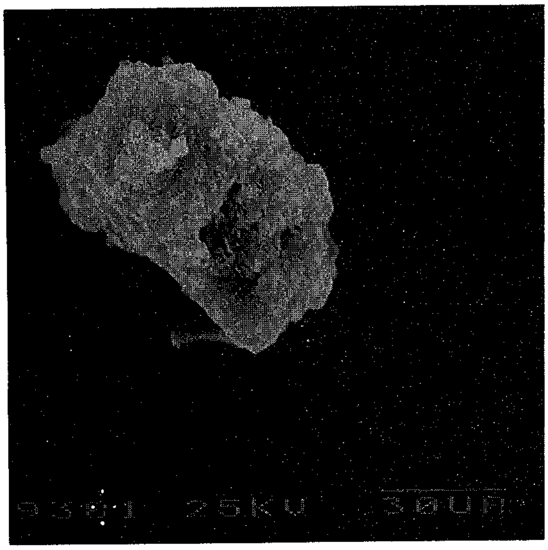
2－A



2－B



2－C



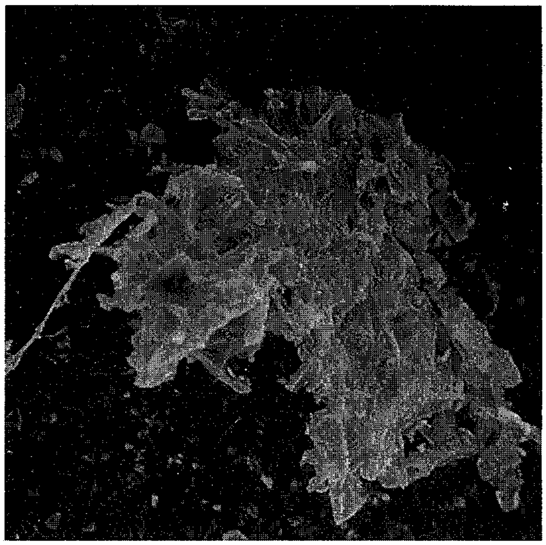
2－D

圖 2. 掃描顯微鏡下之車輛及工地落塵之形態

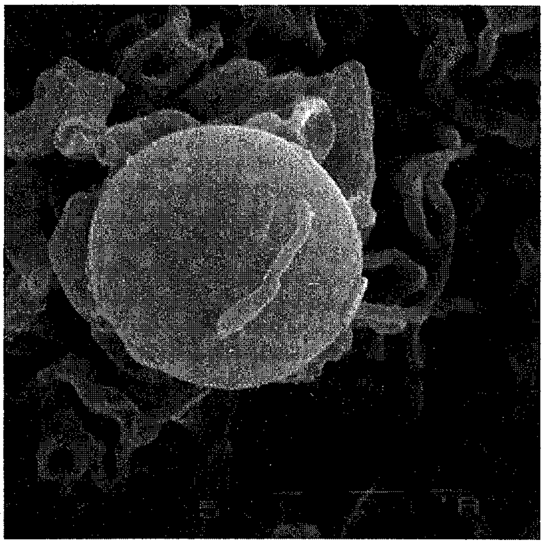
2－A、2－B: 車輛排放落塵　2－C、2－D: 工地落塵

3－A

3－B



3－C



3－D

圖 3. 掃描顯微鏡下之馬路邊之樹葉上之落塵之形態

3－A: 楊桃葉上部　3－B: 楊桃葉下部

3－C: 荔枝葉上部　3－D: 荔枝葉下部

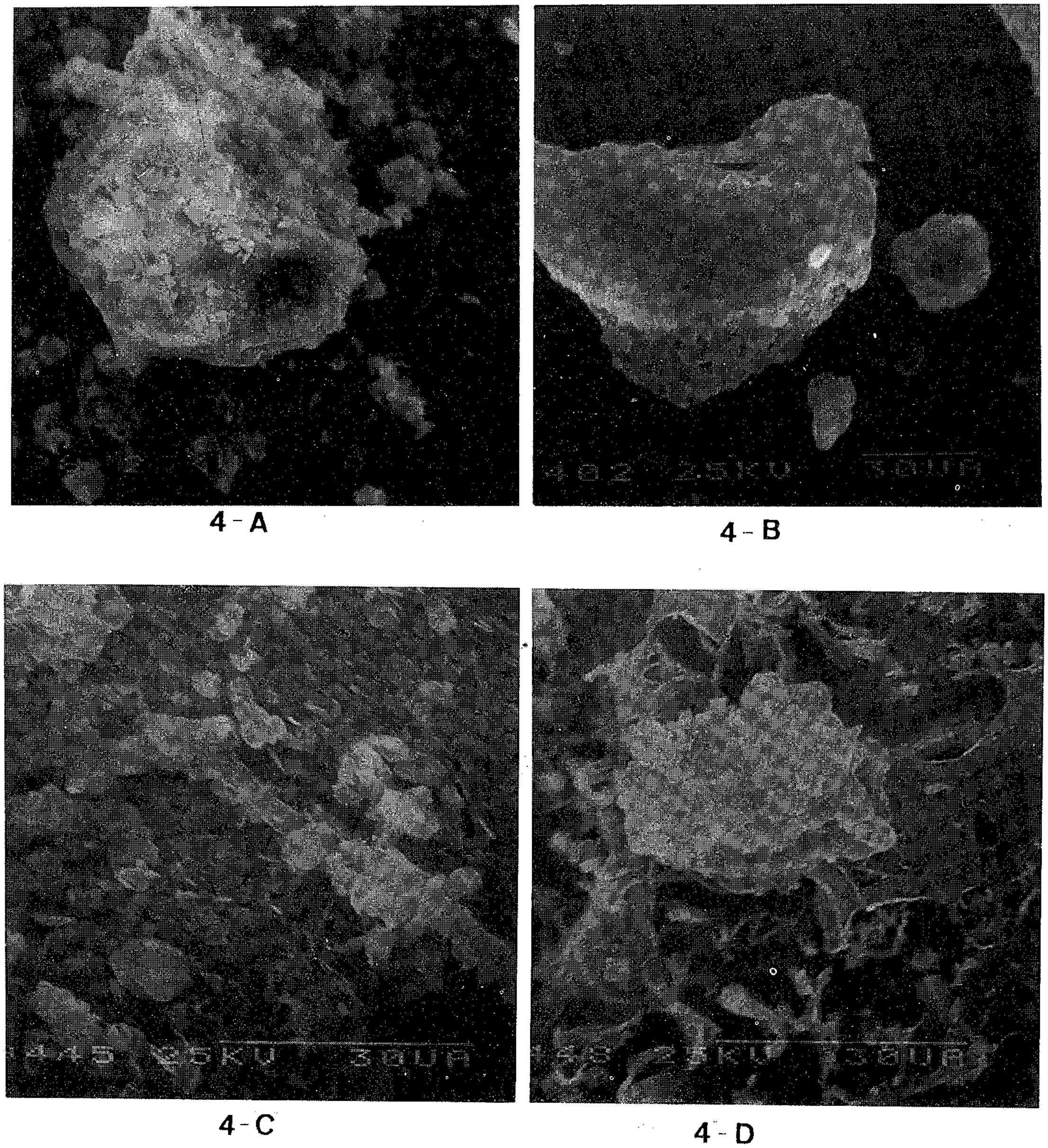


圖 4. 掃描顯微鏡下之馬路邊之樹葉上之落塵之形態

4 - A: 龍眼　　4 - B: 七里香

4 - C: 香蕉葉上部　　4 - D: 香蕉葉下部

二、落塵抽出液對作物發芽及苗期生長之影響：

1.落塵抽出液之理化性質：

將落塵秤重後配成10、20、30、40及50％之水溶液後，測定pH及電導度、結果如表2.由表可知煤灰水溶液之pH值與去離子水相近，偏酸性且因煤灰水溶液濃度愈高者愈偏酸性，其pH之範圍在5.98至5.39之間。土塵水溶液則近於中性，其pH在6.77～6.88之間，濃度之間變異不大。水泥灰之水溶液則偏鹼性，pH爲12.27～12.28，且有濃度增加，而pH漸增之趨勢，可能由於其成份之差異造成此種pH之差異。

以導電度而言，去離子水僅爲7.0 μ S/cm，土塵水溶液則爲92.4～196.0 μ S/cm，隨濃度增加而增加。煤灰水溶液比土塵水溶液之電導度爲大，自188.0～503.7 μ S/cm，亦因濃度增加而增大。水泥水溶液之導電度更大，爲669.0～1552.0 μ S/cm，也隨濃度增加而增大。這些水溶液之物理化學性質，影響種子吸水滲透壓等，而影響種子之發芽，及苗期之生長。由Berg (1978)，Polson and Adams (1930)及 shukla等(1986)多位學者研究煤灰對外物影響時，曾做煤灰成份之分析，發現煤灰中含有大量重金屬，而認爲這些重金屬爲影響發芽之因素。本研究中，因落塵量蒐集量不足以分析其成份，由此文獻推測，落塵之金屬離子成份應爲影響pH 及電導度之主要因素。

2.落塵水溶液對作物種子發芽之影響：

以落塵配製之水溶液，經過濾後之液體分別處理水稻、大豆、萵苣及菠菜之種子，以觀察其對種子發芽之影響，七天後調查之結果如表3、4、5。由此試驗結果可知水稻及大豆種子對土塵水溶液之反應不明顯，而萵苣種子發芽率僅在40％以上時才有較明顯之降低。菠菜種子對土塵水溶液較爲敏感，在10％時發芽率即已降爲75.0％，隨水溶液濃度之增加，發芽率明顯且急速下降，濃度增至50％時發芽率則降至18.3％。

由表4 來看煤灰水溶液對測試作物種子發芽率之影響，水稻、大豆及萵苣種子之發芽對煤灰水溶液之反應不明顯，即煤灰水溶液濃度高低不影響水稻、大豆及萵苣種子之發芽。但是菠菜種子對煤灰水溶液則是相當敏感，當煤灰水溶液爲10％時菠菜種子僅45％發芽，濃度爲20％時爲31.6％，濃度增爲30、40及 50％時，菠菜種子發芽率依序爲28.3、25.3及 13.3％。煤灰水溶液對菠菜種子具有明顯的抑制作用。

至於水泥灰水溶液對供試作物種子發芽之影響(表5)，在高濃度下，40及50％之水泥液可使水稻種子發芽率減少12～15％，在50％濃度下，可使大豆之發芽率降爲78.3％。萵苣在水泥10％～20％之濃度下，發芽率減少10％左右，但若水泥濃度爲30％以上時，萵苣種子發芽率則降至53％～48％。而菠菜之反應更爲顯著，在10％之水泥濃度下，菠菜種子發芽率即已降爲38.3％。當水泥濃度依序升高爲20、30、40及50％時，菠菜種子之發芽率則依序降爲31.7、28.3、16.7及11.7％。

由以上三個表之結果顯示，菠菜種子對落塵水溶液之反應相當敏感，或許在經詳細研究後，可作爲檢測落塵之指標。

落塵影響作物種子發芽，由文獻上可知應爲其組成分中之重金屬及鹽分(Shukla and Mishra 1986)之緣故，但何以反應不一，可能與遺傳背景有關。作物對環境有不同程度之反應，而表現即不一致。

表 2. 不同落塵水溶液之物理性質

濃 度		pH	導電度
	%		μ S/cm
(control)	0	5.35	7.0
土 塵	10	6.77	92.4
	20	6.87	116.2
	30	6.89	133.2
	40	6.86	160.9
	50	6.88	196.0
煤 灰	10	5.98	188.0
	20	5.74	252.0
	30	5.54	414.0
	40	5.43	449.0
	50	5.39	503.7
水泥灰	10	12.27	669.0
	20	12.47	1023.0
	30	12.55	1380.0
	40	12.51	1418.0
	50	12.82	1552.0

表3.不同濃度土塵水溶液對作物種子發芽率之影響

濃度	發	芽	率	
	水稻	大豆	萵苣	菠菜
	--------------------	%	--------------------	
0(control)	98.3	100	98.3	95.0
10	98.3	100	100.0	66.7
20	96.7	100	100.0	40.0
30	91.7	100	96.7	36.7
40	90.3	98.3	85.0	20.0
50	86.7	96.7	81.7	18.3

表4. 不同濃度煤灰水溶液對作物種子發芽率之影響

濃度	發芽率			
	水稻	大豆	萵苣	菠菜
	%			
0(control	98.3	100	100	95.0
10	95.0	100	100	45.0
20	93.3	100	95.0	31.6
30	93.3	98.3	95.0	28.3
40	90.0	98.3	95.0	25.3
50	71.7	100	98.3	13.3

表5. 不同濃度水泥水溶液對作物種子發芽率之影響

濃度	發芽率			
	水稻	大豆	萵苣	菠菜
	%			
0(control)	100	100	98.3	98.3
10	98.3	100	91.7	38.3
20	96.7	98.3	93.3	31.7
30	95.0	96.7	53.3	28.3
40	88.3	98.3	53.3	16.7
50	85.0	78.3	48.3	11.7

3.落塵水溶液對作物苗期生長之影響

a.對水稻苗期生長之影響:

由落塵水溶液處理水稻種子，經七天之生長後，調查之結果如表6。由此試驗結果來看稻苗之生長隨水溶液濃度之增加，生長受抑制之情形，趨勢頗爲一致，苗高在水處理時，7天長爲25 mm左右，土塵抽取液由10％增爲50％時，苗長由26 mm依次遞減爲20.67、18.14、16.83及15.21 mm，受抑制現象至爲明顯。煤灰水溶液處理時，亦由27 mm 依次遞減至50％之13.33 mm，水泥水溶液處理時也很類似，苗高由25.67 mm漸減致13.33 mm。落塵水溶液對苗之根部亦有不同成度之影響，在水中生

長之稻苗在第七天時約31.67mm長，以土壥水液處理者僅在50％，在高濃度下減少約10％爲28.67mm外，其於濃度處理均無顯著影響。煤灰之水溶液對水稻苗根初期之影響也均不顯著。而水泥水溶液在40％及50％有較明顯之抑制現象外也不顯著。以對稻苗地上部之影響而言，各處理影響均非常顯著，土壥之水溶液隨濃度增加，地上部鮮重隨之遞減。煤灰、水泥之水溶液之情形也同，而以水泥水溶液之抑制現象最爲顯著，煤灰其次，土壥又次之。以對稻苗根部之影響而言，土壥在10％水溶液處理下，無顯著影響，但自20％起影響漸趨顯著，至50％已有47％左右之抑制。煤灰水熔液，較土壥水溶液對水稻苗根之生長之影響更爲明顯，各不同濃度處理，稻根之生長僅爲對照之15％～6％，水泥水溶液之影響也與煤灰相近。

表6.不同濃度落壥水溶液對水稻苗期生長之影響

濃　度	苗　高	根　長	地上部鮮重	根部鮮重
%	mm	mm	mg/plant	mg/plant
(control)0	25.12±8.66	31.67±2.87	0.216±0.012	0.168±0..024
土壥 10	26.00±5.00	31.67±2.89	0.132±0.061	0.161±0.089
20	20.67±10.26	35.12±2.51	0.115±0.035	0.145±0.036
30	18.14±5.12	30.51±4.12	0.101±0.026	0.128±0.037
40	16.83±8.68	32.16±1.94	0.093±0.009	0.098±0.012
50	15.21±4.12	28.67±5.[illegible]0	0.089±0.020	0.090±0.024
煤灰 10	27.12±8.66	32.16±6.06	0.234±0.015	0.102±0.016
20	21.33±4.04	31.67±2.89	0.124±0.056	0.089±0.006
30	15.16±4.12	24.86±5.29	0.102±0.060	0.069±0.010
40	14.50±0.87	32.14±2.87	0.087±0.055	0.058±0.007
50	13.33±5.77	33.33±2.87	0.059±0.017	0.040±0.001
水泥 10	25.67±4.04	46.67±5.77	0.114±0.017	0.138±0.03
20	20.19±3.12	35.00±10.23	0.103±0.014	0.120±0.033
30	18.42±5.12	31.67±2.87	0.100±0.028	0.078±0.48
40	14.89±3.16	25.16±5.13	0.069±0.005	0.056±0.040
50	13.33±2.87	21.18±6.62	0.051±0.004	0.012±0.002

綜合而言，煤灰及水泥之水溶液對水稻苗初期之生長，具有較顯著之影響，尤以在高濃度下爲然，而土壥則在較高濃度時影響較爲顯著。

b.落壥水溶液對大豆苗期生長之影響:

由表7所示之試驗結果可知，土壥水溶液似對大豆苗高無顯著之影響，對大豆

根長之影響較明顯，尤以自20％以上，更爲顯著。雖土塵水溶液對苗高無影響，但對苗地上部之鮮重則較有明顯之抑制現象，由實際觀察，土塵水溶液處理之大豆苗較水處理者細小。對根部之鮮重也有顯著之抑制，且隨濃度增大，抑制作用愈顯著。

表 7. 不同濃度落塵水溶液對大豆苗期生長之影響

濃 度	苗 高	根 長	地上部鮮重	根部鮮重
%	mm	mm	mg/plant	mg/plant
(control)0	38.40± 7.94	55.83± 6.21	2.16±0.63	1.12±0.64
土塵10	39.67± 5.78	50.33± 0.57	1.38±0.43	1.04±0.51
20	36.37± 5.77	36.67± 5.77	1.17±0.40	1.03±0.37
30	36.67± 5.77	28.33± 2.89	1.04±0.29	1.00±0.21
40	36.67± 5.77	26.67± 5.57	1.02±0.30	0.85±0.17
50	33.33± 5.77	26.67± 5.57	1.00±0.18	0.74±0.14
煤灰10	30.00±10.00	33.67± 3.10	0.92±0.28	0.88±0.25
20	25.00± 7.35	21.67± 7.64	0.99±0.75	0.61±0.22
30	20.00±10.00	17.13± 7.33	0.86±0.28	0.59±0.67
40	17.73± 1.62	15.00± 8.66	0.53±0.37	0.54±0.40
50	14.67± 4.16	13.67± 5.03	0.42±0.19	0.21±0.14
水泥10	40.00±10.00	32.67±11.68	1.99±0.37	1.08±0.24
20	39.00± 9.71	29.33± 7.51	1.61±0.24	1.04±0.31
30	36.00± 4.58	18.33± 7.64	1.40±0.31	0.73±0.29
40	26.33± 5.77	15.21± 5.34	0.67±0.07	0.49±0.21
50	24.67± 3.11	12.06± 2.53	0.51±0.09	0.36±0.32

由煤灰水溶液對大豆苗期生長之影響看，不論苗高、根長、地上部鮮重或地下部鮮重，均因煤灰水溶液濃度之增加，而有愈來愈明顯之抑制現象。對苗高之抑制由22％增至61％，根長之抑制由40％增至77％，地上部鮮重也可由58％增至81％之抑制，而根鮮重也由22％增至82％，影響顯著。

至於水泥水溶液對大豆苗期之影響，情形與煤灰水溶液對大豆苗期生長之影響相近似。故落塵水溶液對大豆苗期之生長，以煤灰影響最大，水泥次之，土塵又次之。

c.落塵水溶液萵苣苗期生長之影響:

落塵水溶液對萵苣苗期生長之影響，如表8所示。水泥水溶液對萵苣苗期生長影響最大，不論苗高、苗根長、苗地上部鮮重及地下部鮮重，均明顯抑制，萵苣苗

初期生長對煤灰水溶液之反應，較不如水泥水溶液強烈，但仍然有顯著之抑制現象。土塵水熔液對萵苣苗期生長之反應較不明顯，但由調查數據顯示，與對照組比較，仍然具有統計上之差異，尤以苗高及根長爲然，鮮重之差異較不明顯。故整體而言，萵苣對水泥較爲敏感，煤灰其次，土塵又次之。

表 8. 不同濃度落塵對萵苣苗期生長之影響

濃 度	苗 高	根 長	地上部鮮重	根部鮮重
%	mm	mm	mg/plant	mg/plant
(control)0	38.33± 2.88	45.12± 5.00	0.092±0.031	0.059±0.041
土塵10	30.16± 5.14	30.00± 7.07	0.094±0.007	0.060±0.012
20	25.23± 6.25	29.56± 4.12	0.089±0.030	0.053±0.021
30	24.24± 4.02	27.26± 8.12	0.081±0.052	0.056±0.041
40	26.18± 1.94	26.23± 6.24	0.069±0.026	0.049±0.004
50	24.05± 8.12	27.54± 8.23	0.063±0.007	0.050±0.012
煤灰10	31.12± 6.32	31.67±10.41	0.072±0.021	0.046±0.032
20	30.06± 5.12	30.00±10.00	0.063±0.024	0.036±0.026
30	25.14±13.23	25.00±11.12	0.052±0.016	0.024±0.024
40	21.67± 2.88	20.16± 5.23	0.040±0.005	0.021±0.012
50	17.5 ± 6.12	15.24± 7.07	0.031±0.003	0.016±0.006
水泥10	25.12± 4.13	8.67± 2.52	0.032±0.010	0.012±0.018
20	15.26± 6.12	6.71± 2.88	0.020±0.012	0.010±0.004
30	11.67± 2.14	4.12± 5.12	0.012±0.006	0.008±0.006
40	8.22± 2.96	2.16± 2.02	0.006±0.003	0.006±0.001
50	5.12± 5.12	2.00± 1.74	0.003±0.003	0.003±0.001

d.落塵水溶液對菠菜苗期生長之影響:

落塵水溶液對菠菜苗期生長之影響，如表9所示。由此試驗結果可知，土塵水溶液在30％以上之高濃度下，對菠菜苗高、根長、地上部及根之鮮重均具有明顯抑制作用。煤灰水溶液除了10及20％對菠菜根長無明顯影響外，其它對菠菜苗期生長均隨濃度增加，影響漸趨增大。而水泥水溶液均對菠菜苗期生長有明顯的影響，濃度愈高，影響愈顯著。故綜合而言，各種落塵水溶液，均會影響菠菜苗期之生長。

Borka(1980)發現水泥灰明顯抑制大麥及小麥之生長。Lerman (1972)也證明水泥落塵使菜豆(bean)之發芽，生長及產量均受到嚴重之影響。Parthasarthy 等 (1975)以水泥灰之水溶液澆溼於玉米盆栽之土壤中，結果使玉米形態，生物量均受到不同成

度之影響。而Singh and Rao(1981)也證明水泥灰確實使小麥之產量受到影響。Shukla等(1986)以油菜試驗，證明若每天加3～7g於每m²之土上，連續90天，可使油菜產量減少。Shukla and Mishra(1986) 也證明飛灰可使玉米及大豆之苗期生長受到抑制，發芽率也受到影響。以上在在均證明落塵確可影響作物之生長。

本研究僅以落塵影響種子發芽及苗期生長之部份資料加以整理。對作物後期之生長、產量、品質及對生理作用之影響，待繼續試驗研究，以詳細探討落塵對作物生長之影響。

表 9. 不同濃度落塵水溶液對菠菜苗期生長之影響

濃　度	苗　高	根　長	地上部鮮重	根部鮮重
%	mm	mm	mg	mg
(control)0	38.33± 2.88	42.46± 5.23	0.115±0.740	0.023±0.005
土塵10	34.00±10.77	56.00± 6.77	0.072±0.007	0.026±0.006
20	37.33± 4.04	45.67±10.11	0.067±0.040	0.030±0.010
30	28.33±15.28	40.32±16.12	0.053±0.004	0.017±0.002
40	25.67±10.16	38.12±10.12	0.040±0.050	0.010±0.004
50	17.16± 4.24	30.68± 9.86	0.034±0.009	0.009±0.003
煤灰10	29.27±10.16	55.16± 9.50	0.192±0.154	0.019±0.012
20	27.67±12.50	40.12± 6.83	0.125±0.640	0.014±0.010
30	20.12± 9.33	32.12±10.12	0.082±0.009	0.010±0.006
40	14.16± 8.12	30.06± 8.24	0.062±0.004	0.009±0.005
50	12.20± 6.13	25.16± 8.12	0.049±0.006	0.006±0.008
水泥10	33.50± 2.12	25.00±14.14	0.153±0.037	0.027±0.011
20	29.67±15.50	20.08±12.21	0.110±0.070	0.018±0.013
30	23.33± 5.77	15.00±13.23	0.077±0.090	0.013±0.009
40	17.16± 8.12	10.65± 1.16	0.062±0.004	0.009±0.006
50	10.24± 2.64	8.24± 7.10	0.040±0.003	0.005±0.002

引用文獻

朱德民. 1990. 植物與環境逆境.國立編譯館.

黃正義. 1991. 空氣污染源與防治.第五章微粒物質. p. 169-299. 淑馨出版社。

張能復. 1991. 污染源介紹及污染物擴散 ——空氣污染・取自"公害鑑定研習班講義，行政院

環境保護署" p. 66-127。

孫岩章　謝進修. 1991. 黑煙微粒之顯微鑑定・取自"公害鑑定研習班講義，行政院環境保護署" p. 390-419.

行政院環境保護署. 1991. 中華民國台灣地區環境資訊. 第三章空氣品質. p. 32-70。

台灣省環境保護處. 1991. 台灣省環境空氣品質年報(中華民國七十九年)第一篇. p. 1-38。

Aitken, R.L. and L.C. Bell. 1985. Plant uptake and phytotoxicity of boron in Australian fly ashes. Plant and Soil 84: 245-257.

Berg, W.A. 1978. Aluminium and Manganese Toxicities in Acid Coal Mines Wastes. p. 141-150. In : Environmental Management of Mine Wasttes. (G.T. Goodman and M.J. Chadwick, eds) Environmental Management of Mine Wartes. The Neterlands.

Borka, O. 1980. The effect of cement dust pollution on growth and metabolism of *Helianthus annuus* Environ. Pollut. Ser.A. 22: 75-79.

Elseewi, A.A. and A.L. Page. 1984. Molybdenum enrichment of plants grown on fly ash - treated soils. J. Environ. Qual. 13: 394-398.

Funk, D.W. and E.K. Bonde. 1986. Effects of artificial acid mist on growth and reproduction of two alpine plant species in the field. Amer. J. Bot. 73: 524-528.

Lerman, S. 1972. Cement-kiln dust and the bean plant (*Phaseolus vulgaris* L. Black Valentine var): Indepth investigations into plant morphology, physiology and pathology. Ph. D. Dissertation , Univ. of Calif., Riverside.

Parthasarthy, S., N. Arunachalam, K. Nataragan, G. Oblisami and G. Rangaswami. 1975. Effect of cement dust pollution on certain physical parameters of maize crop and soils. Ind. J. Environ. Hlth. 17: 114-120.

Petruzzelli, G., L. Lubrano and S. Cervelli. 1987. Heavy metal uptake by wheat seedlings grown in fly ash - amended soils. Water, Air, and Soil Pollution 32: 389-395.

Shukla, K.N. and L.C. Mishra. 1986. Effect of fly ash extract on growth and development of corn and soybean seedlings. Water, Air and Soil Pollution 27: 155-167.

Shukla, J., V. Pandey, S.N. Singh, M. Yunus, N. Singh and K.J. Ahmad. 1990. Effect of cement dust on the growth and yield of *Brassica compestris* L. Environ. Pollut. 66: 81-88.

Singh, S. N. and D. N. Rao. 1981. Certain responses of wheat plants to cement dust pollution. Environ. Pollut. Ser. A. 24: 75-81.

Wallance, A. and G.A. Wallance. 1986. Enhancement of the effect of coal fly ash by a polyacrylamine soil conditioner on growth of wheat. Soil Sci. 141: 387-389.